

**PENAKSIRAN TINGKAT KERENTANAN SOSIAL TERHADAP BAHAYA
BANJIR LAHAR PASCA ERUPSI GUNUNGAPI MERAPI**
(Studi Kasus: Kec. Cangkringan, Kec. Ngemplak dan Kec. Kalasan, Kab. Sleman,
Prov. DIY)

Devie Anika Banu Armaya
anika.devie@yahoo.com

Dyah Rahmawati Hizbaron
dyah.hizbaron@ugm.ac.id

Abstract

Sleman district, on pasca-eruption of Merapi Volcano, is vulnerable to debris flow hazard. This research aims to (1) find out the distribution of social vulnerability classification because of debris flow in Kecamatan Cangkringan, Kecamatan Ngemplak, and Kecamatan Kalasan, Sleman, and (2) reviewing the most influencing factor toward social vulnerability because of debris flow in each region. This research uses Spatial Multi Criteria Evaluation (SMCE). The results of this research are (1) Desa Wukir Sari, Ngemplak has the highest value of social vulnerability because of debris flow, while Desa Umbulmartani, Ngemplak and Desa Argo Mulyo, Cangkringan have the lowest value, (2) The decisive factor on social vulnerability classification is social indicators. There are five parameters included in social indicator i.e. population density, sex ratio, ratio of people with disabilities, population based on education level and dependency ratio.

Keywords: SMCE, social vulnerability, debris flow, Sleman.

Abstrak

Pasca erupsi Gunungapi Merapi, di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta khususnya di Kabupaten Sleman sangat rawan terkena bahaya luapan banjir lahar. Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengetahui persebaran tingkat kerentanan sosial banjir lahar di Kecamatan Cangkringan, Kecamatan Ngemplak dan Kecamatan Kalasan, Kabupaten Sleman, DIY secara spasial. (2) Mengkaji faktor yang paling berpengaruh terhadap tingkat kerentanan sosial pada masing-masing wilayah administrasi. Metode yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah Spatial Multi Criteria Evaluation (SMCE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Nilai kerentanan sosial tertinggi pada wilayah penelitian ditunjukkan pada Desa Wukir Sari, Kec. Ngemplak sedangkan wilayah dengan nilai kerentanan sosial terendah ditunjukkan pada Desa Umbulmartani, Kec. Ngemplak dan Desa Argo Mulyo, Kec. Cangkringan. (2) Faktor yang paling menentukan dalam penilaian tingkat kerentanan sosial adalah indikator sosial. Berisi lima parameter yaitu, kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio penyandang cacat, jumlah penduduk menurut pendidikan terakhir yang ditamatkan dan rasio kelompok umur atau rasio ketergantungan.

Kata Kunci: SMCE, Kerentanan Sosial, Banjir Lahar, Sleman.

PENDAHULUAN

Erupsi Gunungapi Merapi merupakan bencana alam yang kerap melanda kawasan Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya. Erupsi Gunungapi Merapi menimbulkan banyak kerugian baik secara materil maupun non materil. Kerugian yang ditimbulkan dari erupsi tersebut tidak hanya terjadi pada saat terjadinya erupsi Gunung Merapi saja, namun juga pasca erupsi Gunungapi Merapi. Salah satu bahaya yang ditimbulkan pasca erupsi adalah banjir lahar.

Lahar adalah campuran antara bahan erupsi gunungapi terutama abu vulkanik dengan air yang berasal dari hujan dan tertampung di dalam kawah gunungapi. Lahar merupakan hal yang paling sering diperhatikan dalam melakukan langkah mitigasi bencana, khususnya di Indonesia yang pada umumnya memiliki curah hujan yang tinggi. Selain itu lahar juga mempunyai daya luncur yang sangat tinggi dan dapat menempuh jarak yang cukup jauh dengan kecepatan sekitar 40-60 km/jam (Sumintadireja, 2000).

Tiga dari tujuh kecamatan yang termasuk dalam kawasan rawan bencana di Kabupaten Sleman ditetapkan sebagai daerah rawan bencana banjir lahar, diantaranya adalah Kecamatan Cangkringan, Kecamatan Ngemplak dan Kecamatan Kalasan. Hal ini dikarenakan pada ketiga kecamatan tersebut dialiri oleh tiga sungai besar yang memotong wilayahnya. Sungai-sungai yang

dimaksud adalah Kali Kuning, Kali Opak dan Kali Gendol.

Kerawanan bencana alam Gunungapi Merapi ini telah diperparah oleh beberapa permasalahan lain yang muncul dan memicu meningkatnya kerentanan. Kerentanan non fisik yang salah satunya berupa kerentanan sosial merupakan sebab dan akibat dari besarnya kerugian karena bencana gunung berapi. Kerentanan sosial menunjukkan perkiraan tingkat kerentanan terhadap keselamatan jiwa dan kesehatan penduduk apabila ada bahaya (Habibi dan Buchori, 2013).

Menanggapi permasalahan ini, dibuatlah beberapa tujuan dalam penelitian ini yaitu, mengetahui persebaran tingkat kerentanan sosial pada wilayah penelitian dan mengkaji faktor yang paling berpengaruh terhadap tingkat kerentanan. Penilaian terhadap kerentanan merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam kegiatan mitigasi bencana.

Kerentanan sosial menunjukkan potensi kehilangan pada elemen risiko khusus yang merujuk pada keadaan manusia, disertai kondisi yang menyertainya seperti usia, jenis kelamin, latar belakang pendidikan, latar belakang ekonomi atau faktor lain yang dapat menyebabkan mereka berada dalam kondisi rentan (Birkmann & Wisner, 2006 dalam Hizbaron, 2010).

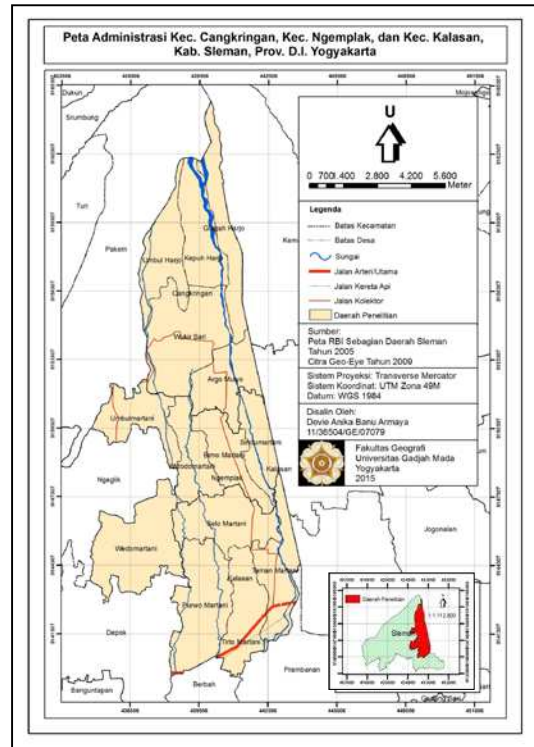
METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di tiga kecamatan, yaitu Kecamatan Cangkringan, Kecamatan Ngemplak dan Kecamatan Kalasan, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Peta administrasi wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2. 1. Unit analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah desa, pada ketiga kecamatan ini terdiri dari 14 administrasi desa. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder. Data sekunder yang digunakan meliputi data-data kependudukan (sosial dan ekonomi) diperoleh dari PODES serta data-data terbitan instansi terkait untuk tahun 2013. Selain itu data spasial juga digunakan yaitu, Citra Geo-Eye, Peta Wilayah Rawan Banjir Lahar dari BPPTK, Peta RBI digital wilayah Sleman dengan skala 1:25.000.

Scoring analysis dilakukan dengan pemberian skor pada setiap variabel yang digunakan. Hasil dari skoring setiap variabel menunjukkan tingkat ancaman rentan pada masing-masing variabel. Analisis spasial yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk melakukan pemetaan variabel. Analisis spasial dilakukan dengan menggunakan alat sistem informasi geografis berupa *software* ArcGIS 10.1 serta ILWIS 3.3.

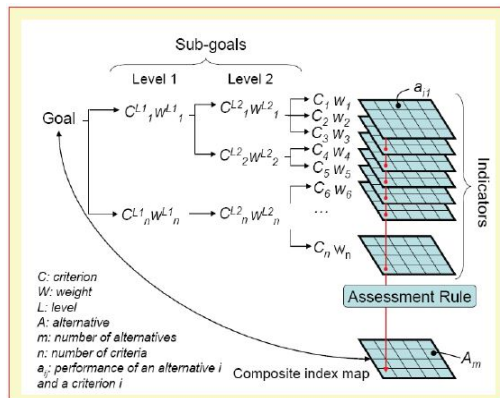
Analisis multi kriteria berbasis pendekatan keruangan menggunakan perangkat lunak ILWIS membuka peluang untuk memanfaatkan berbagai kriteria yang ada untuk dianalisis secara

keruangan menggunakan penyusunan skenario permasalahan, standarisasi data, pembobotan dan pembuatan peta (Looijen dalam Hizbaron, 2010).



Gambar 2.1. Peta Administraasi Wilayah Penelitian

Proses analisis yang dilakukan dengan menggunakan SMCE dapat digambarkan pada Gambar 2.2. Pada gambar tersebut dijelaskan bagaimana menyusun suatu peta komposit yang terdiri dari berbagai jenis dan bermacam-macam data. Sebelum data dikombinasikan, dilakukan proses standarisasi dan kemudian dilakukan *overlay* sehingga menghasilkan peta komposit (Rahmat, 2014).



Gambar 2.2. Proses Analisis pada Metode SMCE (Sumber: Saaty, 1980 (dalam Rahmat, 2014))

HASIL DAN PEMBAHASAN

Salah satu dampak dari meningkatnya curah hujan di kawasan selatan Indonesia adalah ancaman banjir lahar Merapi. Beberapa hari terakhir banjir lahar kembali menerjang sejumlah wilayah di Kabupaten Sleman. Ancaman banjir lahar harus tetap diwaspadai, mengingat curah hujan tinggi masih berpeluang terjadi selama periode puncak musim hujan saat ini. Untuk itu, khususnya masyarakat yang bermukim di sekitar Gunung Merapi perlu memahami karakteristik bahaya banjir lahar yang bersifat merusak.

Menurut Giyarsih & Gamayanti (2013), lahar merupakan bahaya sekunder pasca erupsi gunungapi yang memiliki potensi ancaman cukup besar bagi kelangsungan hidup masyarakat. Erupsi Gunungapi Merapi telah memuntahkan material piroklastik yang sangat banyak. Tidak sedikit material piroklastik yang masih tersimpan dibagian hulu Merapi, baik merupakan hasil erupsi Merapi 2006

maupun tahun 2010. Intensitas hujan yang turun pascaerupsi Merapi tahun 2010 sangat sering terjadi, terutama hujan turun pada bagian hulu Gunungapi Merapi. Kondisi tersebut memberikan dampak cukup besar bagi masyarakat. Hal ini disebabkan telah terjadinya luapan aliran material lahar yang melampaui batas sungai dan mengalir bersama dengan aliran air hujan yang turun melewati sungai-sungai yang berhulu di Puncak Merapi. Kejadian banjir lahar menjadi sangat berbahaya karena luapan materialnya mampu merusak kondisi permukiman, lahan permukiman, lahan pertanian, infrastruktur, dan aktivitas ekonomi penduduk.

Menentukan tingkat kerentanan total sosial serta dalam mengkaji faktor yang berpengaruh dapat dilakukan dengan mamakai bobot faktor yang berbeda sesuai dengan skenario yang disusun. Ada lima jenis skenario yang dipakai dalam penelitian ini, yaitu equal, sosial, ekonomi, fisik dan lingkungan. Bobot dari masing-masing indeks yang dipakai, diperoleh dari proses pembobotan *pairwise*.

Pembobotan metode *pairwise* ini dilakukan dengan cara membandingkan antar indeks yang dipakai. Bobot yang diperoleh dari pembobotan ini dapat dipakai dengan catatan apabila nilai *Inconsistency Ratio* kurang dari 0,1 (yang mengindikasikan bahwa peneliti konsisten dalam mengambil keputusan). Tabel 3.1. menunjukkan pembobotan pada masing-masing skenario.

Tabel 3.1. Pembobotan pada Masing-Masing Skenario

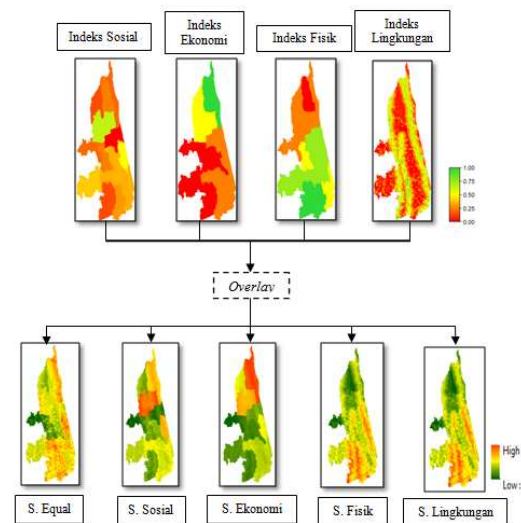
Jenis Kerentanan dan Faktor	Pembobotan				
	Skenario Equal	Skenario Sosial	Skenario Ekonomi	Skenario Fisik	Skenario Lingkungan
Kerentanan Sosial	0,25	0,56	0,3	0,14	0,12
Rasio Jenis Kelamin	0,2	0,06	0,06	0,06	0,06
Rasio Ketergantungan	0,2	0,51	0,51	0,51	0,51
Kepadatan Penduduk	0,2	0,21	0,21	0,21	0,21
Jumlah penduduk berdasarkan pendidikan yang ditamatkan	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Rasio penyandang cacat	0,2	0,12	0,12	0,12	0,12
Kerentanan Ekonomi	0,25	0,25	0,54	0,08	0,07
Rasio Kemiskinan	1	1	1	1	1
Kerentanan Fisik	0,25	0,1	0,08	0,40	0,38
Kepadatan Permukiman	1	1	1	1	1
Kerentanan Lingkungan	0,25	0,1	0,08	0,37	0,42
Kemiringan Lereng	0,33	0,1	0,1	0,1	0,1
Wilayah Terimbas	0,33	0,64	0,64	0,64	0,64
Penggunaan Lahan	0,33	0,26	0,26	0,26	0,26

Sumber: Hasil Pengolahan data, 2015.

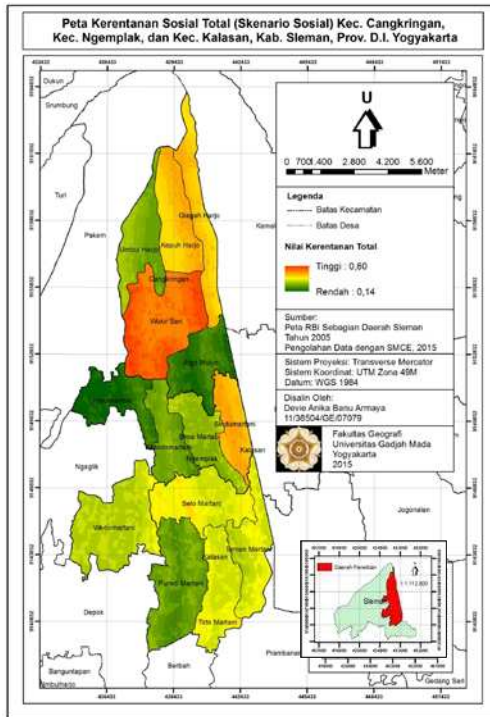
Sebelum menghasilkan peta kerentanan total, pada masing-masing indikator kerentanan yang dipakai akan terbentuk peta kerentanan. Sehingga pada satu proses SMCE akan menghasilkan empat peta kerentanan dan satu peta kerentanan total. Nilai kerentanan yang terbentuk terdiri dari 0 hingga 1. Dimana nilai 0 dianggap tidak rentan (aman) sedangkan nilai 1 dianggap memiliki tingkat kerentanan yang paling tinggi. Adapun proses pembuatan peta kerentanan dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Luas area pada masing-masing tingkat kerentanan dapat dilihat berdasarkan jumlah pixelnya. Hal ini dikarenakan pada pemrosesan SMCE

main goal yang dihasilkan berbentuk data raster, yang mengindikasikan bahwa pada setiap pixel mengandung satu nilai tingkat kerentanan.



Gambar 3.1. Bagan Pengolahan Peta Kerentanan Total



Gambar 3.2. Peta Kerentanan Sosial Total Skenario Sosial

Gambar 3.2. menunjukkan persebaran tingkat kerentanan total skenario sosial. Peta kerentanan total skenario sosial didominasi oleh area yang memiliki tingkat kerentanan dalam rentang 0,23 hingga 0,35. Nilai pada area yang telah disebutkan tadi masuk dalam klasifikasi tingkat kerentanan rendah hingga sedang yang disimbolkan dalam warna hijau hingga kuning. Nilai kerentanan sosial tertinggi pada wilayah penelitian ditunjukkan pada Desa Wukir Sari, sedangkan wilayah dengan nilai kerentanan sosial terendah ditunjukkan pada Desa Umbulmartani dan Desa Argo Mulyo.

Kerentanan adalah kondisi-kondisi yang ditentukan oleh faktor fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan atau proses-proses, yang meningkatkan kerentanan masyarakat terhadap dampak bahaya. Serrat (2008) berpendapat bahwa kerentanan adalah perasaan tidak aman di kehidupan individu, keluarga dan komunitas ketika menghadapi perubahan diluar lingkungannya.

“Vulnerability is characterized as insecurity in the wellbeing of individuals, households, and communities in the face of changes in their external environment”.

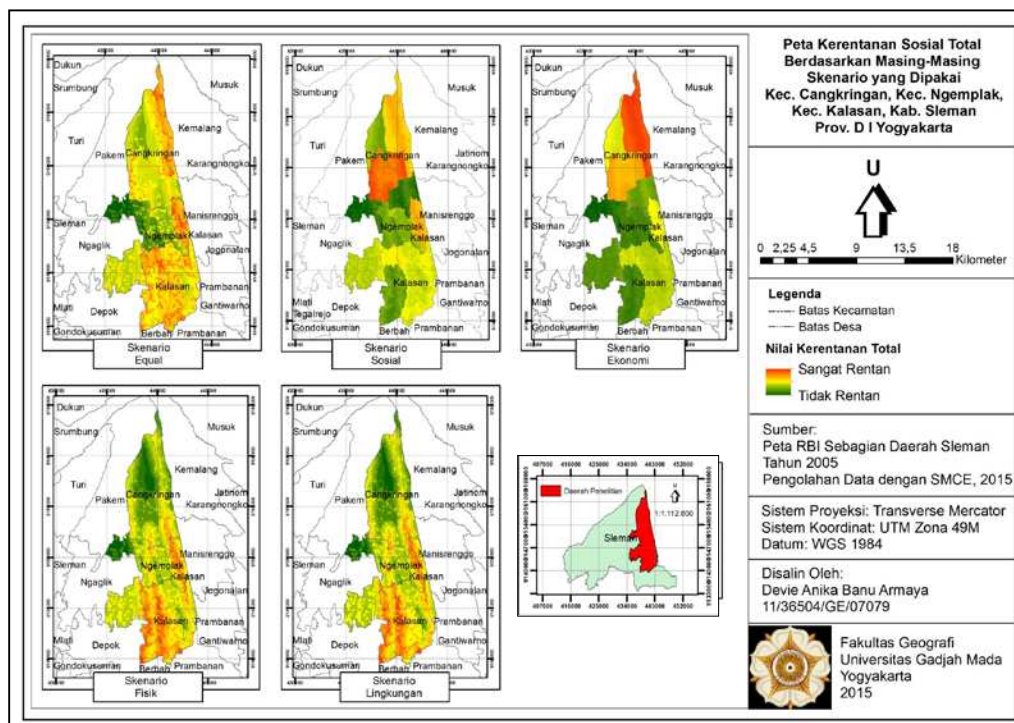
Dengan demikian, kerentanan dapat dimengerti sebagai suatu kondisi yang dialami oleh individu, keluarga, komunitas dalam menghadapi perubahan yang terjadi dikehidupannya. Perubahan tersebut merupakan ancaman bagi mereka yang memiliki banyak dampak baik dampak negatif maupun dampak positif. Akan tetapi, kebanyakan kerentanan mempunyai pengaruh negatif bagi individu, keluarga dan komunitas dibandingkan dengan pengaruh positifnya.

Berbagai bentuk faktor bisa saja mempengaruhi tingkat kerentanan suatu daerah dalam menghadapi ancaman bahaya. Namun dari sebagian banyak faktor yang ada pasti ada salah satu faktor yang dominan dalam mempengaruhi tingkat kerentanan tersebut. Seperti halnya di penelitian ini, faktor yang ada dapat dilihat dari berbagai indikator yang di pakai, yaitu indikator sosial, indikator ekonomi, indikator fisik, dan indikator

lingkungan. Menentukan faktor yang paling menentukan tingkat kerentanan sosial banjir lahar dapat dilakukan dengan melakukan penyusunan skenario pembobotan yang sebanyak-banyaknya. Dimana faktor yang dimaksud akan sering muncul pada peta-peta yang telah dibuat berdasarkan variasi skenario yang sudah ditentukan sebelumnya. Maka dibuatlah lima peta yang terdiri dari skenario *equal*, skenario sosial, skenario ekonomi, skenario fisik dan skenario lingkungan untuk melihat hubungan faktor antar skenario.

Gambar 4.22. apabila diperbandingkan antara peta dengan skenario *equal* dan peta berskenario lainnya, peta berskenario sosial lah yang memiliki hubungan terdekat dengan peta berskenario *equal*. Hubungan yang

dimaksud dapat dilihat berdasarkan persebaran tingkat kerentanan yang terbentuk di peta berskenario *equal* yang mirip dengan peta skenario sosial dibandingkan dengan persebaran tingkat kerentanan yang terbentuk pada peta berskenario lainnya. Peta berskenario *equal* dijadikan pembanding dengan peta lainnya karena dianggap netral, dimana pada peta tersebut semua faktor dianggap sama pentingnya. Persebaran tingkat kerentanan pada peta berskenario sosial juga paling sering muncul pada peta kerentanan berskenario lainnya. Berdasarkan pengamatan tersebut maka ditetapkan bahwa indikator sosial lah yang menjadi faktor yang paling menentukan tingkat kerentanan pada masing-masing wilayah administrasi.



Gambar 3.3. Peta Kerentanan Sosial Total Masing-Masing Skenario

Indikator sosial berisi lima parameter pendorong yang diantaranya berupa kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin (*Sex Ratio*), rasio penyandang cacat, jumlah penduduk menurut pendidikan terakhir yang ditamatkan dan rasio kelompok umur atau rasio ketergantungan (*Dependency Ratio*). Penentuan parameter yang digunakan dalam penelitian ini disesuaikan dengan ketersediaan data di lapangan. Parameter yang ada kemudian disusun berdasarkan bobot yang diberikan pada masing-masing parameter. Pembobotan ini disesuaikan berdasarkan hubungan masing-masing parameter dengan besar kecilnya dampak apabila terjadi bahaya atau bencana.

Parameter yang pertama adalah kepadatan penduduk. Kepadatan penduduk menunjukkan hubungannya dengan tingkat kerentanan suatu wilayah, dimana semakin tinggi kepadatan penduduk maka akan semakin rentan daerah tersebut terhadap bahaya banjir lahar. Semakin padat penduduk di wilayah permukiman yang terjangkau bahaya banjir lahar maka akan semakin besar pula jumlah penduduk yang terkena dampak dari bahaya banjir lahar tersebut. Kondisi kepadatan penduduk di wilayah penelitian menunjukkan wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi ada di wilayah yang cenderung berada di bagian selatan yang mencakup Kecamatan Ngemplak dan Kecamatan Kalasan (lihat lampiran 1). Hal ini dipengaruhi oleh letak wilayah yang padat penduduk berada dekat dengan kota, maupun pusat-

pusat pertumbuhan ekonomi. Tidak meratanya tingkat kepadatan penduduk pada masing-masing wilayah administrasi ini menjadi suatu pertimbangan dalam penilaian kerentanan untuk indikator sosial.

Parameter yang kedua adalah rasio jenis kelamin. Rasio jenis kelamin ini digunakan untuk melihat apakah jumlah penduduk berjenis kelamin laki-laki sudah mengimbangi jumlah penduduk berjenis kelamin perempuan. Hal ini dikarenakan adanya asumsi bahwa penduduk berjenis kelamin perempuan dianggap lebih rapuh bila terkena ancaman bencana. Baik dalam pengambilan keputusan maupun keterbatasan fisik saat evakuasi bencana apabila dibandingkan dengan penduduk berjenis kelamin laki-laki. Semakin tinggi jumlah penduduk wanita di suatu wilayah, maka wilayah tersebut akan cenderung lebih rentan. Kondisi rasio jenis kelamin di wilayah penelitian cenderung seimbang antara jumlah penduduk perempuan dan laki-lakinya, sehingga parameter ini tidak dianggap begitu menyumbang nilai kerentanan yang tinggi.

Parameter yang ketiga adalah rasio penyandang cacat. Pemakaian parameter ini terkait dengan aspek kondisi kesehatan masyarakat. Semakin tinggi rasio penyandang cacat di suatu wilayah mengindikasikan kondisi kesehatan masyarakat yang buruk. Apabila kondisi kesehatan masyarakat buruk maka akan semakin rentan wilayah tersebut dalam menghadapi ancaman

bahaya. Penduduk cacat dianggap tidak mampu menyelamatkan dirinya sendiri apabila terjadi bencana, sehingga parameter ini seharusnya menjadi bahan pertimbangan khusus dalam penilaian kerentanan, namun untuk penelitian ini tidak menjadi masalah yang serius, mengingat di wilayah penelitian rasio penyandang cacat tergolong sangat rendah, hanya berkisar 0 hingga 2 (lihat lampiran 1).

Parameter yang keempat adalah jumlah penduduk menurut pendidikan terakhir yang ditamatkan. Parameter ini terkait dengan kondisi pendidikan masyarakat di wilayah penelitian. Pendidikan masyarakat sangat penting kaitannya dengan usaha mereka dalam meminimalisir dampak maupun pengambilan keputusan baik langkah evakuasi maupun *recovery* pasca bencana. Namun ada pertimbangan lain juga yang dipakai untuk parameter ini, yaitu berdasarkan data yang diperoleh, penduduk yang tercatat pada kriteria ini umumnya masih dalam usia sekolah, sehingga dapat dinyatakan bahwa mereka sehat secara jasmani maupun pemikirannya sehingga dianggap mampu untuk menghadapi ancaman bencana. Berdasarkan hal tersebut maka untuk pembobotan atas parameter ini memiliki proporsi yang kecil dibandingkan dengan parameter lainnya.

Parameter yang kelima adalah rasio kelompok umur atau rasio ketergantungan (*Dependency Ratio*). Parameter ini memiliki tingkat pembobotan yang paling besar dalam

penilaian kerentanan sosial bila dibandingkan dengan faktor pendorong lainnya. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa faktor *Dependency Ratio* yang berisi informasi mengenai jumlah penduduk non produktif akan menjadi paling rentan dibandingkan dengan penduduk lainnya apabila terkena bahaya atau ancaman bencana. Penduduk dengan usia non produktif dianggap tidak dapat menyelamatkan dirinya sendiri atau kurangnya kemampuan dalam evakuasi karena keterbatasan gerak yang mereka punya tepat pada saat terjadinya bencana. Selain itu, ketergantungan terhadap orang lain, kurang resisten terhadap penyakit, dan pemulihan pasca-bencana juga diperhitungkan.

KESIMPULAN

1. Peta kerentanan sosial total (untuk skenario sosial) didominasi oleh area yang memiliki tingkat kerentanan dalam rentang 0,23 hingga 0,35, yang masuk ke dalam klasifikasi tingkat kerentanan rendah hingga sedang. Nilai kerentanan sosial tertinggi pada wilayah penelitian ditunjukkan pada Desa Wukir Sari, Kec. Ngemplak, sedangkan wilayah dengan nilai kerentanan sosial terendah ditunjukkan pada Desa Umbulmartani, Kec. Ngemplak dan Desa Argo Mulyo, Kec. Cangkringan.
2. Hasil analisis dari berbagai peta berskenario yang sudah dibuat menunjukkan bahwa terdapat faktor

yang paling menentukan dalam penilaian kerentanan sosial yaitu indikator sosial. Indikator sosial pada penelitian ini berisi lima parameter yaitu, kepadatan penduduk, rasio jenis kelamin, rasio penyandang cacat, jumlah penduduk menurut pendidikan terakhir yang ditamatkan dan rasio kelompok umur atau rasio ketergantungan. Semua parameter ini ikut andil dalam penilaian tingkat kerentanan sosial pada wilayah penelitian walaupun dengan proporsi bobot yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Giyarsih, S. R., & Gamayanti, P. (2013). *Kerentanan Masyarakat DAS Gendol dalam Menghadapi Bencana Banjir Lahar dalam Giyarsih (edt) Aspek Sosial Banjir Lahar*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Habibi, M dan Buchori, I. 2013. Model Spasial Kerentanan Sosial Ekonomi dan Kelembagaan Terhadap Bencana Gunung Merapi. *Jurnal Teknik PWK Vol.2 No.1:1-10*.
- Hizbaron, D. R., Hadmoko, D. S., Samodra, G., Dalimunthe, S. A., dan Sartohadi, J. 2010. Tinjauan Kerentanan, Risiko dan Zonasi Rawan Bahaya Rockfall di Kulonprogo, Yogyakarta. *Forum Geografi, Vol 24, No.2 : 119-136*.
- Rahmat, P. N. 2014. *Penilaian Kerentanan Fisik, Sosial dan Ekonomi Dusun-Dusun di Sekitar Kali Putih Terhadap Banjir Lahar Gunungapi Merapi*. TESIS. Yogyakarta: Program Studi Magister Perencanaan dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (MPPDAS), UGM.
- Serrat, O. 2008. The sustainable livelihoods approach. *Jurnal Knowledge Solution: Asian Development Bank*.
- Sumintadireja, P. 2000. *Volkanologi*. Bandung : ITB.